



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL

**DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE CARBONO ORGÂNICO PARTICULADO EM
NEOSSOLO SOB FLORESTA ALTA DE RESTINGA DE MATA ATLÂNTICA**

JOÃO ÍTALO DE SOUSA

AREIA- PB

JULHO DE 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL

**DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE CARBONO ORGÂNICO PARTICULADO EM
NEOSSOLO SOB FLORESTA ALTA DE RESTINGA DE MATA ATLÂNTICA**

João Ítalo de Sousa
Orientando

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias
Orientador

AREIA- PB
JULHO DE 2017

JOÃO ÍTALO DE SOUSA

**DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE CARBONO ORGÂNICO PARTICULADO EM
SOLO SOB FLORESTA ALTA DE RESTINGA DE MATA ATLÂNTICA**

Trabalho de Graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba Centro
de Ciências Agrárias, como cumprimento
às exigências para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

AREIA – PB

JULHO DE 2017

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

S725d Sousa, João Ítalo de.

Distribuição vertical de carbono orgânico particulado em neossolo sob floresta alta de restinga de mata atlântica. / João Ítalo de Sousa. - Areia: UFPB/CCA, 2017.
iii, 39 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador (a): Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias.

1. Matéria orgânica do solo. 2. Neossolo Quartzarênico. 3. Carbono particulado. I. Rodrigues, Rummenigge de Macêdo (Orientador) II. Dias, Bruno de Oliveira. III. Título.

UFPB/CCA

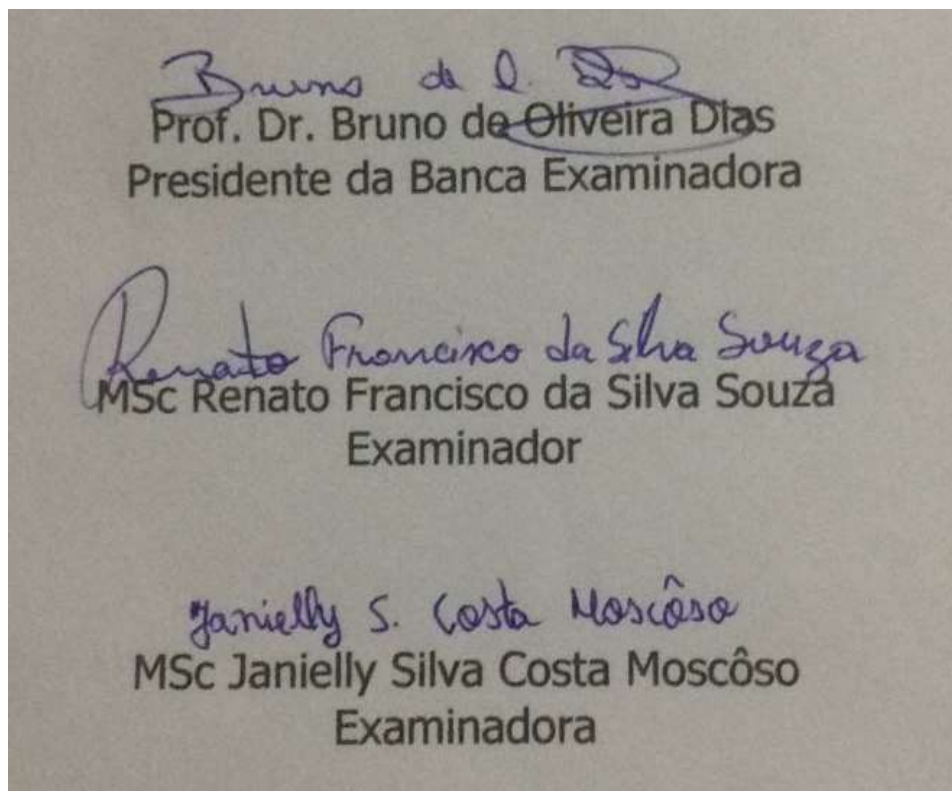
CDU: 631.4

JOÃO ÍTALO DE SOUSA

**DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE CARBONO ORGÂNICO PARTICULADO EM
SOLO SOB FLORESTA ALTA DE RESTINGA DE MATA ATLÂNTICA**

MONOGRAFIA APROVADA EM: 19/07/2017

BANCA EXAMINADORA



E ele deu sua opinião, segundo o qual quem conseguisse obter duas espigas de milho ou duas folhas de grama num pedaço de chão onde somente uma crescia antes, merecerá mais da humanidade e prestará um serviço mais essencial a seu país do que toda a raça de políticos juntos”.

(J. Swift)

DEDICATÓRIA

A Deus, nosso pai e salvador;

*Aos meus pais, irmãos e
orientadores;*

*Aos mestres que pude ter ao longo
de minha vida;*

*Ao professor Ignácio Salcedo,
in memoriam;*

*E a todos que contribuíram para
esse sonho realizar.*

A todos vocês, eu dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todo discernimento nos momentos de tormenta e paz nos momentos de alegria.

Aos meus pais, José Juvenal de Sousa e Maria Rosa de Sousa, por todo amor, confiança e sobre tudo orgulho de seu filho caçula. Doeuse muito quando sai de casa naquele dia 07 de fevereiro de 2009 para começar os meus estudos na área agrícola, mais agora estou voltando para meu aconchego.

Aos meus irmãos, Raquel Maria, Rosália Maria e a Paulo Jardel por todas as horas dedicadas a minha criação, conselhos que recebi, amor e confiança.

A saudosa Escola Agrotécnica Federal do Crato, por todos os momentos felizes, de aprendizado, de vivência e por me possibilitar conhecer pessoas tão importantes para minha caminhada e vida. Lá, não fiz amigos, reconheci irmãos.

Ao Centro de Ciências Agrárias pela oportunidade de cursar Agronomia, sonho do meu pai, por me ensinar a matar um leão todos os dias para sobreviver, por me mostrar o quão difícil é viver longe da família, aqui aprendi a diluir a saudade e cada dia sentir um pouquinho, pois se não, não aguentaria chegar ao final da caminhada, foi uma verdadeira odisseia esses últimos 5 anos.

A minha namorada Carla Cibelle, por todo amor, dedicação e momentos felizes que me faz viver, sem você tudo teria sido mais difícil. Aprendi muito ao seu lado, cresci, amadureci, chorei, sorri, te amei, obrigado por existir em minha vida. Te amo.

Aos professores Gauberto Barros e Ulisses, que graças a seus conhecimentos a cerca das ciências agrárias escolhi cursar Agronomia. Aos meus orientadores durante a vida acadêmica, Professor Péricles Borges e Professora Núbia Pereira. Aos professores que foram minha referência profissional nesta universidade, Prof. Mauro Nobrega, Prof. Leonaldo Andrade, Prof. Ricardo Aragão, Profa. Rejane Mendonça, Profa. Silvanda Melo.

Aos meus pais científicos, aos quais devo muito, a Professora Vânia Fraga e Professor Bruno Dias, serei eternamente grato por todas as oportunidades que vocês me proporcionaram.

A toda equipe do laboratório de Matéria Orgânica, Alex Rebequi, Míriam Alice, Priscila, Raphael (mineiro), Augusto Falcão (bichote), Luan Nunes, Francisco Renato

(mandaca), Kalline Carneiro e demais, pela amizade, orientações e ensinamentos no laboratório.

Aos amigos que a universidade me proporcionou, Joelson Germano, Cláudio Junior, Diego Natan, Diogo Anderson, Alfredo Nunes, Maciel, Denis, Galileu, Diego, Adeildo, Isaias, Raniere, Mateus, Flaviano, Jhonata, Raylson Melo, José Gomes.

Aos irmãos que a Escola Agrotécnica me presenteou, Jadson Araújo (meu compadre), Expedito Cavalcante, Francisco Jeanes (meu padrinho), sem dúvida alguma, passei mais tempo ao lado dessas pessoas, que ao lado de minha família, conhecer vocês foi realmente uma dádiva.

As amigos de sala de aula, o saudoso João Paulo (seremos sócio um dia), sempre com seu tom irônico de mencionar as coisa, só o suportaria quem realmente fosse seu amigo. Aos cearenses de longas datas, Douglas Marques, Caique Palacio e André Spinosa (Cearense radicado no Pernambuco), por todos os momentos de companheirismo em sala de aula e fora dela.

A eterna turma de Agronomia 2012.1, não havia turma melhor para que junto nos formássemos em Agronomia. Contava com pessoas de 4 Estados nordestinos, logicamente muitas personalidades, mais um só sonho, se graduarem. Foram muitas brigas, discussões, intrigas, perdões, descontrações, aprendizado, solidariedade, momentos surpreendente. Agradeço a todos vocês, e levo comigo a melhor lembrança que tenho de cada um. A essa turma, abrigado.

A todos os técnicos, professores, funcionários da universidade, e demais pessoas, que contribuíram positivamente para minha caminhada acadêmica e formação.

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específico.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 Característica e composição da Mata Atlântica.....	15
3.2 Carbono orgânico em solos de floresta.....	16
3.3 Fração leve da M.O em áreas de floresta.....	17
3.4 Estoque de carbono em solos de floresta.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 Caracterização da área e coleta do solo.....	19
4.2 Carbono orgânico particulado.....	20
4.3 Cálculo para quantificar o C.....	21
4.4 Fracionamento granulométrico.....	22
4.5 Carbono orgânico particulado através do método da mufla.....	23
4.6 Matéria orgânica leve pelo método densimétrico.....	24
4.6 Análise estatística.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
6. CONCLUSÕES.....	33
7. REFERÊNCIAS.....	34

Lista de Figuras

Figura-1. Localização da área de estudo em João Pessoa-PB.....	18
Figura-2. Maceração da amostra em cadinho (A), adição da solução digestora nas amostras (B), amostras postas apara o aquecimento em bloco digestor (C), determinação do teor de carbono com sulfato ferroso (D).....	20
Figura-3. Amostras em tubo de centrífuga com a solução de hexametáfosfato de sódio (A), lavagem da amostra em água corrente com peneira (B), amostras pronta apara secagem em estufa a 40 °C (C), amostra seca pronta para a pesagem (D).....	21
Figura-4. Amostras em cadinho antes da incineração (A), equipamento mufla (B), amostra após incineração (C).....	22
Figura-5. Amostras em tubo de centrífuga com a solução de hexametáfosfato de sódio (A), mesa agitadora para homegeinização das amostras (B), instrumento onde a amostra é depositada e a fração leve flutua sendo conduzida para a peneira (C), fração leve seca e separada pronta para análises (D).....	22
Figura 6. Teores de carbono da fração leve (C-FL) (A), carbono da fração areia (C-AR) (B), carbono da fração silte+argila (C-SA) (C), MOS-mufla (D) e carbono orgânico do solo (COS) (E) nas camadas de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm de profundidade em Neossolo Quartzarênico sob Floresta Alta de Restinga na Mata Atlantica setentrional, Cabedelo, PB. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	28

Distribuição vertical de carbono orgânico particulado em NEOSSOLO sob floresta alta de restinga de mata atlântica. . Areia – PB, 2017. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

Dentre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica, é um dos quais se encontra mais afetados pela ação antrópica, suas áreas são desmatadas para a formação de pastagens, além, da implantação de atividades industriais que contribuem para aumento nos teores de gases do efeito estufa, ocasionando prejuízos ambientais, na biodiversidade e no ciclo hidrológico. Objetivou-se com este trabalho, quantificar os teores de carbono particulado em profundidade em Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob Mata Atlântica no estado da Paraíba. A área do estudo pertence à Floresta Nacional (FLONA) da Restinga de Cabedelo, com área de 117 ha, criada em 2004 e inserida na região do estuário do rio Paraíba, em Cabedelo, PB, o solo foi coletado em 60 pontos distribuídos em uma malha amostral de 5 x 10 m, cobrindo toda a área de mata de 30 x 55 m, em cinco profundidades, 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 e 50-100 cm, e foi enviado ao Laboratório de Matéria Orgânica do Solo CCA/UFPB para quantificação dos teores de carbono orgânico total (COT) João após cada variável estudada coloque o símbolo quevcasrepresenta no texto, carbono associado a fração areia (C-AR), carbono associado a fração silte+argila (C-S+A), fração leve (FL) e matéria orgânica do solo (MOS). Os dados foram submetidos a análise descritiva e variância pelo teste F a 5%. A partir dos resultados dos ajustes dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, constatou distribuição normal dos dados em análise. Houve diferença estatística para todas as variáveis analisadas (FL, C-AR, C-SA, MOS-mufla e COT), em todas as camadas estudadas pelo teste de Tukey. Constatou redução dos teores da C-FL, C-AR, C-SA, MOS-mufla e COT a medida que aumentou a profundidade das camadas do solo. A camada superficial (0-10 cm) do solo apresentou os maiores teores de carbono quando comparado com as demais camadas. As variáveis apresentaram distribuição uniforme ao longo do fragmento.

Palavras chaves: Matéria orgânica do solo, Neossolo Quartzarênico, carbono particulado.

SOUSA, João Ítalo. **Vertical distribution of particle organic carbono on soil under alta de resting of atlantic forest.** Areia – PB, 2017. 38p. Final Paper of Course Completion. (Graduation in Agronomy) – Universidade Federal da Paraíba.

ABSTRACT

Among the Brazilian biomes, the Atlantic Forest is among one of the most affected by anthropic actions, its areas are deforested for the formation of pastures, in addition to the implantation of industrial activities, which contribute to an increase in the greenhouse gas contents, causing environmental, biodiversity and the hydrological cycle damage. The aim of this work was to quantify the levels of particulate carbon in depth in a typical Quartzarenic Neosol under Atlantic forest in the state of Paraíba. The area of the study belongs to the National Forest (FLONA) of Restinga of Cabedelo, with an area of 117 ha, created in 2004 and inserted in the region of the Paraíba River estuary, in Cabedelo, PB. The soils were collected in 60 points distributed in one Sampling mesh of 5 x 10 m, covering the entire forest area, at five depths, 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 and 50-100 cm, and then were sent to the Laboratory of Soil Organic Matter CCA / UFPB to quantify the total organic carbon, carbon associated with sand fraction, carbon associated with silt + clay fraction, light fraction and organic matter. From the results of the data adjustments by the Kolmogorov-Smirnov test, we found a normal distribution of the data under analysis. There was a statistical difference at the 5% probability level for all analyzed variables (FL, C-AR, C-S, MOS-mufla and COS) in all the layers studied by the Tukey test. It contacted a reduction of FL, C-AR, C-SA, MOS-mufla and COS contents as the depth of soil layers increased. The superficial layer (0-10 cm) of the soil presented the highest carbon contents when compared to the other layers. The variables presented uniform distribution along the fragment.

Key words: Soil organic matter, quartzipisamment , carbon particulate.

1. INTRODUÇÃO

Pelo fato de encontra-se nos trópicos a mata atlântica receber grande quantidade de energia, apresentando uma grande biodiversidade, contribuindo para a existência de vários nichos ecológicos (MANTOVANI, 2003). Mesmo com muitas funções para a sociedade, dentre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica, é um dos quais se encontra mais afetados pela ação antrópica, devido ao desmatamento das áreas de floresta para a substituição por áreas agrícolas. Cerca de 70% do desmatamento da floresta ocorre para a formação de pastagens, além, da implantação de atividades industriais que contribuem para aumentar os teores de gases do efeito estufa. Acrescentar (ALENCAR *et al.*, 2006)

As florestas tropicais são enormes reservatórios de carbono e que necessitam estar intactas para equilibrar o efeito estufa, segundo Houghton (2005), na última década o desmatamento da Amazônia Brasileira, relacionar com Mata Atlântica pois trabalhou com essa região, liberou 200 toneladas de carbono por ano, isso corresponde a 3% de todas as emissões globais. Sem falar nos prejuízos ambientais, na biodiversidade e no ciclo hidrológico mantidos pela floresta (SOARES FILHO *et al.*, 2006), que serão afetados. Além do carbono fixado através da fotossíntese e incorporado em suas estruturas, as florestas preservam o carbono que é depositado sobre o solo através dos galhos, folhas, serapilheiras que não é incorporado ao mesmo, aumentando o estoque de carbono do solo (ALMEIDA, 2015).

Em ambientes de mata onde a única fonte de nutriente é através da ciclagem dos nutrientes e deposição de resíduos orgânicos com posterior mineralização e disponibilização dos nutrientes às plantas, a matéria orgânica apresenta fundamental importância nestes cenários. Além de ser fator determinante da capacidade de troca de cátions é a principal fonte de nutrientes minerais às plantas (FONTANA *et al.*, 2011).

A matéria orgânica apresenta vários compartimentos onde cada um preserva um pouco do carbono do solo. A soma de todos os estoques obtém-se o carbono orgânico total. Dentre os compartimentos que apresenta maior relevância destacamos a fração leve, esta fração representa aproximadamente 1/3 do carbono orgânico presente no solo, tem uma alta taxa de decomposição em um curto período de tempo, é considerada uma fração ativa no solo, formada por material orgânico que está parcialmente humificado e

apresentando meia vida em torno de 0,25 a 2,5 anos, podendo variar rapidamente com as mudanças do manejo dos solos (ANDERSON & INGRAM, 1989).

A qualidade do solo é, sem dúvida, um aspecto fundamental na avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção e matas, para Brito *et al.*, (2011) a alta variabilidade espacial das classes de solos, resultante da diversidade geológica, associada a relevo, clima e vegetação, são fatores determinantes da capacidade de armazenagem de C nos solos.

O regime pluviométrico em áreas de mata Atlântica é alto, em torno de 1200 mm (SANTOS, 2010), isso contribui para a constante lavagem do solo, carreando os nutrientes as camadas mais profundas retirando-os do alcance das raízes das plantas. A determinação do estoque de carbono associados às frações silte+argila e areia, fornecem informações importantes a cerca de qual fração é mais eficiente em reter os nutrientes impedindo o transporte a lugares fora do alcance das raízes, entendendo melhor a sua dinâmica nos compartimentos do solo e reduzindo incertezas a cerca do assunto.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral:

Quantificar os compartimentos de carbono em profundidade em Neossolo Quartzarênico Órtico típico sob mata atlântica no estado da Paraíba e avaliar o potencial da Mata Atlântica em estocar/acumular C em profundidade

2.2 Específico:

Determinar os teores de carbono orgânico total do solo até a profundidade de 1,0 metro;

Determinar o carbono particulado associado à fração areia e a silte+argila em profundidade;

Quantificar o teor de fração leve da matéria orgânica do solo e verificar a normalidade dos dados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Característica e composição da Mata Atlântica

O desmatamento não acarreta prejuízos somente de ordem ecológica; diminuição da biodiversidade, aumento da lista de animais em extinção, mais na última década (2000-2008) o desmatamento da floresta Amazônia acarretou uma emissão de carbono, na forma de CO₂, da ordem de 220 milhões de t/ano, isso representa 55% das emissões totais do Brasil (MOUTINHO, 2009).

As florestas tropicais, que no Brasil tem como seus principais representantes a Floresta Amazônia e a Mata Atlântica são uma das principais influenciadoras do clima. As florestas vêm sendo devastadas graças ao instinto destrutivo do homem, que sempre com sua ganância, vem abrindo novas áreas para a criação de gado e retirada de madeira ilegal das áreas de matas.

A Mata Atlântica abrange 3.409 municípios, se estende por toda costa leste do Brasil, cobrindo 17 estados do país, indo do Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2015), apresenta-se como sendo o 3º maior bioma, ficando atrás da floresta Amazônia e do Cerrado. Um estudo realizado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2010 revelou dados importantes a cerca desta floresta que já cobriu 15% do território brasileiro, equivalente 1.296.446 km², hoje se encontra apenas 27% de remanescente.

De acordo com este mesmo estudo, apesar de, atualmente, a mata Atlântica se encontrar bastante fragmentada, encontra-se cerca de 20.000 espécie vegetais, proporcionalmente ao seu tamanho, apresenta diversidade biológica superior, inclusive, a da floresta Amazônia. Segundo a SOS Mata Atlântica (2015), deste total de 20 mil espécies, 8 mil são endêmicas.

Devido a este bioma ser um dos mais afetados pela ação antrópica, resultando em enormes perdas florestais, os ciclos biogeoquímicos são afetados negativamente (ALMEIDA, 2010), além dos impactos locais, como alterações no abastecimento de água, há impactos globais como aumento nas emissões de gases do efeito estufa para atmosfera (COUTINHO *et al.*, 2010).

3.2 Carbono orgânico em solos de floresta

Em ambientes de mata que não recebe nenhuma fonte externa de nutriente, e todo o recurso nutricional é proveniente da própria mata, a ciclagem de nutriente assume papel importante nestes cenários, e o carbono é o principal elemento determinante da velocidade ou do ritmo desta ciclagem.

Para Andrade *et al.*, (1999), o processo de ciclagem de nutriente é fundamental para a manutenção da vida nos ambientes de floresta. O processo de ciclagem inicia-se com a deposição da serapilheira no solo da floresta (VITAL *et al.*, 2004), com posterior decomposição mediada por microrganismos e incorporação da matéria orgânica no solo. A qualidade deste material é em função da espécie, da cobertura florestal, da idade, do tipo de floresta, do estágio sucessional, do local (CALDEIRA *et al.*, 2007), e isso determina a quantidade de carbono, no material, com reflexos na velocidade de mineralização do mesmo.

A matéria orgânica do solo é o maior reservatório de carbono (C), contudo se demonstra bastante sensível as alterações ocorridas no solo (STEINER, *et al.*, 2012). A matéria orgânica é formada por componentes vivos e não-vivos, consiste em uma mistura de compostos em diferentes estágios de decomposição, resultantes da degradação biológica de resíduos de plantas e animais e da atividade sintética de microrganismos (MARTINS & ALVES, 2015).

A matéria orgânica apresenta-se bastante dinâmica, variando seu teor no solo em razão do tempo, espaço e profundidade. Fonseca (1984), estudando a dinâmica das propriedades químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo, constatou que o teor C orgânico do solo variou decrescendo com a profundidade do perfil do solo. Sabe-se que as espécies florestais tem maior capacidade de incrementar carbono em superfície quando comparada com uma cultura agrícola, devido principalmente ao acúmulo de serapilheira que não é incorporado ao solo e através das sucessivas deposições acarretando o aumento do teor de carbono na camada superficial do solo.

Segundo Almeida (2015) a vegetação é o principal responsável pelo incremento de matéria orgânica ao solo. Através da fotossíntese com a fixação do CO₂ pelas plantas em seus tecidos e que posteriormente são depositados sobre o solo e através da liberação dos exsudados pelas raízes ao longo do perfil do solo, ocorre o enriquecimento

do solo em carbono. Para Pillon *et al.*, (2002), há ainda o incremento do carbono do solo por meio da ciclagem das raízes de plantas, principalmente, das pertencente as gramíneas.

Em áreas de florestais ou em cultivos de ciclo mais longo, a MOS se demonstra como sendo uma das características estreitamente relacionada com a sustentabilidade da produção a longo prazo (MENDHAM *et al.*, 2004). Sendo assim, métodos de conservação deste estoque de carbono é de fundamental importância nesta áreas, ao passo que substituição da mata nativa por cultivos anuais, acarretam diminuição no estoque de C orgânico total e em todas as frações húmicas do solo como foi observado por Leite *et al.*, (2003) em estudos na Zona da Mata-MG.

3.3 Fração leve da M.O em Áreas de floresta

A fração leve da matéria orgânica é considerada uma fração de rápida dinâmica no solo (GUARESCHI & PEREIRA, 2013), segundo Oades *et al.*, (1989), a fração leve, tem por função realizar o fornecimento de nutrientes as plantas a partir da mineralização e carbono aos microrganismos decompositores, como fonte de energia, que estão presente no solo. Desta forma, sua manutenção é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, principalmente em áreas de mata, uma vez que representa, em curto e médio prazo, alto potencial para ciclagem de nutrientes (COMPTON & BOONE, 2002).

Esta fração é o resultado de todo material que é depositado sobre o solo, a mesma se demonstra bastante sensível a alterações no manejo do solo em comparação com o carbono orgânico total do solo, isso permite a utilização desta variável como indicador de mudanças de uso e manejo do solo (FREIXO *et al.*, 2002). Sendo assim, analisar frações da matéria orgânica que são separadas fisicamente, desempenha fundamental importância, ao passo que tais frações apresentam-se associadas a funções específicas na dinâmica da matéria orgânica do solo (STEVENSON & ELLIOT, 1989).

Há duas formas de realizar o fracionamento físico da MOS, pode-se utilizar o fracionamento densimétrico, baseado na diferencia de densidades dos materiais, ou granulométrico, baseado no tamanho das partículas dos materiais. O primeiro permite o isolamento e a quantificação dos compartimentos mais lábeis, fração leve livre e intra-

agregado, que são formados por resíduos orgânicos em diferentes estágios de decomposição. O fracionamento granulométrico permite o estudo dos compartimentos mais humificados ligados à fração mineral do solo, areia, silte e argila, que são mais estáveis às mudanças do solo provocadas por alterações no manejo (RITA, 2007).

Em ambientes de matas, que estão sujeitos a inúmeras alterações, seja de ordem antrópica, catástrofe, poluição, a determinação de um parâmetro altamente sensível a tais perturbações e de fácil determinação é de suma importância para aferir qualidade ambiental da área estudada.

3.4 Estoque de carbono em solos de floresta

O acúmulo de carbono de uma área sob mata, é sem dúvida, um dos papéis mais importante desempenhado por uma floresta, segundo Soares *et al.*, (2005), as florestas são consideradas sumidouros de carbono, uma vez que este carbono é estocado nos reservatórios naturais encontrados em uma floresta, proporcionando melhorias na qualidade do solo, redução das emissões dos gases do efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), resultante do processo de decomposição da matéria orgânica e de todo e qualquer processo de combustão (CARVALHO, 2009).

É importante compreendermos que as florestas armazenam carbono em diferentes compartimentos, para Saidelles *et al.*, (2009), nas florestas a fixação de carbono ocorre em maior proporção na madeira do que nos demais componentes da biomassa, imobilizando quantidades diferenciadas de carbono da atmosfera nos diferentes compartimentos. Este carbono que é armazenado nas folhas, raízes e galho que volta ao solo através da serapilheira, somente uma pequena quantidade deste carbono é estocado no solo como matéria orgânica, boa parte é e convertida em CO₂ (PARTON *et al.*, 2007), e utilizado pelos microorganismos, no processo de mineralização, como fonte de energia para o seu crescimento (PULROLNIK, 2009).

Há três processos básicos de sequestro de carbono no solo, o primeiro é a humificação, seguido da agregação e sedimentação (MACHADO, 2005), dentre estes, a agregação, processo mediado pela ação dos fungos e microrganismos atuando em substâncias orgânicas proveniente das raízes das plantas ou outros produtos da

decomposição da matéria orgânica, é um dos processos mais importante para o estoque de carbono do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

Os quatro maiores reservatórios de carbono na terra são, o oceano, atmosfera, carbono fóssil e mineral armazenado nas formações geológicas e ecossistema terrestre (biota+solo) (ALMEIDA, 2015). Segundo Sandi (2010), o carbono presente no solo é superior ao encontrado na atmosfera em pelo menos o dobro, vale ressaltar, que esse autor considerou, para essa comparação, o carbono estocado no solo a uma profundidade de 1,0 metro.

Fatores como a qualidade dos resíduos, incluindo-se o teor de lignina, polifenóis, celulose, relação C/N, que juntos determinam o grau de recalcitrância do material, reflete diretamente na taxa de decomposição deste material (TRUMBORE & CAMARGO 2009), onde, materiais com altos teores de carbono, resultam na restrição da atividade dos microrganismos decompositores (COSTA *et al.*, 2008).

4.0 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área e coleta do solo

A área de estudo pertence à Floresta Nacional (FLONA) da Restinga de Cabedelo, uma Unidade de Conservação de uso sustentável com área de 117 ha, criada em 2004 e inserida na região do estuário do rio Paraíba, em Cabedelo, PB (Brasil, 2004). Situa-se entre as coordenadas geográficas de 7° 3' 25,314'' e 7° 4' 9,71'' de latitude S, e de 34° 51' 51,152'' e 34° 50' 57,504'' de longitude W. O clima é As segundo a classificação de Köppen (tropical com estação seca de verão).



Figura-1. Localização da área de estudo em João Pessoa-PB.

O solo da área foi classificado com um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Santos *et al.*, 2013), desenvolvido nos terraços marinhos arenosos recentes. Os teores médios de areia e argila+silte são, respectivamente, 971 e 29 g kg⁻¹ para a camada de 0-20 cm, caracterizando um solo essencialmente arenoso. A vegetação é Floresta Alta de Restinga em estágio primário, onde ocorrem frequentemente *Calophyllum brasiliense*, *Andira fraxinifolia*, *Handroanthus impetiginosus*, *Manilkara salzmannii*, *Myrsine guianensis* e *Tabebuia roseoalba*, sendo que espécies emergentes atingem 20 m de altura.

A amostragem de solos foi realizada em 60 pontos distribuídos regularmente em uma malha amostral de 5 x 10 m, cobrindo toda a área de mata de 30 x 55. As amostras foram secas ao ar, terra fina seca ao ar (TFSA), passadas em peneira de 2 mm e analisadas quanto ao teor de carbono orgânico total do solo (Embrapa, 2011).

O solo foi coletado em cinco profundidades, 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 e 50-100 cm, utilizando trado, em seguida foi posto para secar ao ar e enviado ao Laboratório de Matéria Orgânica do Solo da Universidade Federal da Paraíba para posterior determinação dos estoques de carbono e quantificar a fração leve.

4.2 Carbono orgânico particulado.

O carbono orgânico particulado foi quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida, com fonte externa de calor segundo metodologia proposta por Yeomans e Bremner, (1988). As amostras foram maceradas em almofariz com ajuda de pistilo e passadas em peneira de 60 Mesh, em seguida pesou-se 300 mg (0,3 g) de cada amostra com repetição analítica (triplicata), em tubos de digestão. Adicionou nos mesmo tubos, 5 mL da solução de K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹ e em seguida 10 mL de H₂SO₄ p.a. concentrado, realizou-se uma leve agitação, evitando movimentos bruscos que resultasse na aderência de partículas nas paredes dos tubos, esta etapa foi realizada em capela.

Foram preparadas amostras controle (brancos aquecidos e não aquecidos, perfazendo um total de seis tubos), nelas, foram acrescentado apenas as soluções sem a presença do solo. Em seguida os tubos foram colocados em bloco digestor a uma temperatura de 170°C, durante 30 minutos. O aumento da temperatura do bloco foi de maneira gradativa para evitar trincas ou rachaduras nos tubos de digestão. Três dos

tubos contendo os brancos não foram aquecidos, e foram mantidos em local fora do bloco para posterior análise.

Decorrido o tempo de digestão das amostras, os tubos foram removidos do bloco digestor e mantidos na capela para resfriar durante 20 minutos. O material presente em cada tubo foi transferido para erlenmeyers de 250 mL devidamente identificado. Nessa etapa adicionou-se água destilada (1 a 2 mL) nos tubos para facilitar a remoção da solução. Em cada erlenmeyer acrescentou-se 10 ml de H_3PO_4 p.a. concentrado e posteriormente água destilada elevando o volume para 50 ml.

Para o processo de titulação, a bureta foi lavada com a solução titulante de $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ para evitar possíveis erros e contaminações durante o procedimento. As amostras foram lidas na seguinte ordem: os controles Brancos Não Aquecido (BNA) em seguida as amostras dos brancos aquecidos (BA), posteriormente o restante das amostras. Utilizou-se cerca de 0,3 mL (3 a 4 gotas) do indicador difenilamina no erlenmeyer imediatamente antes da titulação evitando sua desativação. A leitura dos Brancos Aquecidos sempre dará menor que os Brancos não aquecidos e maiores que as amostras contendo solo. O ponto de viragem ocorreu quando a cor da solução variou do marrom para um verde intenso. Para o cálculo do conteúdo de carbono nas amostras utiliza os volumes gastos $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ de nas referidas amostras, conforme item 4.3.

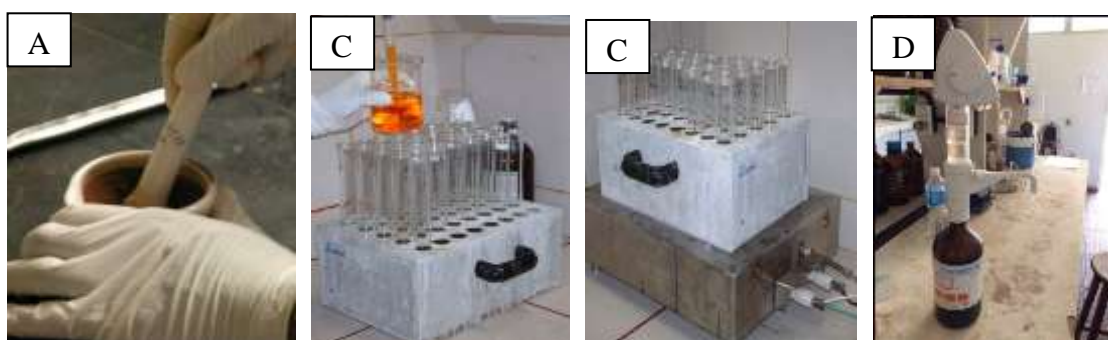


Figura-2. Marcação da amostra em cadinho (A), adição das solução digestora nas amostras (B), amostras postas para o aquecimento em bloco digestor (C), determinação do teor de carbono com sulfato ferroso (D).

4.3 Cálculo para quantificar o C (mg g^{-1} de solo)

$$C - total = \frac{(A) \times (\text{Molaridade do SFA}) \times (0,003) \times (100)}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

Onde:

$$A = \frac{(ABA - S) \times (BNA - BA)}{BNA} + (BA - S)$$

A = Fator de correção.

Molaridade do SFA = Molaridade do sulfato ferroso amoniacal (0,4 mol L⁻¹)

BA = Média da leitura dos brancos aquecidos.

S = Média da leitura das amostras (repetições analíticas).

BNA = Média da leitura dos brancos sem aquecimento

0,003 = Referente à razão [(0,001 x 12)/4], onde 0,001 é o fator para transformar em g mmol⁻¹; 12 é o peso atômico do carbono e 4 é o número de elétrons transferidos no processo de oxidação [C(0) → C(IV)].

4.4 Fracionamento Granulométrico

O fracionamento físico granulométrico foi determinado segundo metodologia de Cambardella e Elliot (1992). Pesou-se 10 g de solo de cada uma das profundidades (0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-100), em triplicata, em tubos de centrífuga, previamente passados em peneira de 2 mm, e em seguida acrescentou 30 ml da solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹), na sequência as amostras foram agitadas em agitador horizontal por 16 horas, após essa etapa passou as amostras em peneira de 53 µm, com auxílio de uma piceta retirando todo material aderido no fundo do tubo. O material retido na peneira se configura como sendo o carbono particulado associado a fração areia, e o que passou pela peneira é o carbono associado ao silte mais argila, que pode ser estimado pela diferença entre o carbono total do solo menos o carbono orgânico particulado da fração areia.

Novamente com o auxílio de uma piceta retirou-se todo o material aderido à peneira passando-o para uma placa de petri, a qual foi transferida para estufa a 40°C para secagem e posterior determinação do teor de carbono.

Após este procedimento, com o material já seco, as três amostras de cada profundidade foram homogeneizadas em almofariz, em seguida pesou 0,3 g do material

em tubos de digestão. A partir dessa etapa os procedimentos são os mesmo para quantificar o carbono total de acordo com o item 4.2.

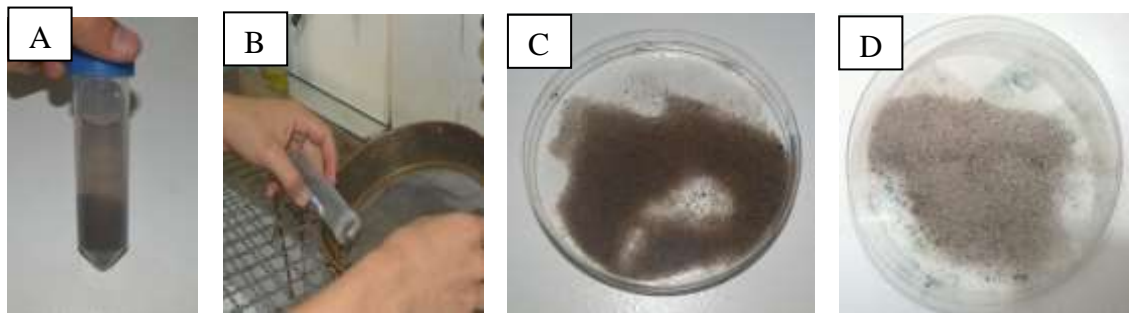


Figura-3. Amostras em tubo de centrífuga com a solução de hexametáfosfato de sódio (A), lavagem da amostra em água corrente com peneira (B), amostras pronta para secagem em estufa a 40 °C (C), amostra seca pronta para a pesagem (D).

4.5 Matéria orgânica particulada através do método da mufla

Após o procedimento realizado no item anterior, o material retido na peneira, foi submetido a incineração em mufla. Pesou-se 3 gramas do material em cadinhos de cerâmica, em seguida foram postos para incineração na mufla a 550 °C por 4 horas, decorrido este tempo esperava-se mais 8 horas para o equipamento esfriar e prosseguir com a pesagem dos cadinhos, por diferença de peso calculou-se o teor de matéria orgânica através da seguinte formula:

$$M (\%) = ((A-B)*100)/B$$

Onde: M: Teor de matéria orgânica em porcentagem da amostra;

A: Massa do solo antes da incineração;

B: Massa do solo após incineração.



Figura-4. Amostras em cadinho antes da incineração (A), equipamento mufla (B), amostra após incineração (C).

4.6 Matéria Orgânica Leve pelo método densimétrico.

O fracionamento físico da matéria orgânica do solo foi realizado através da determinação da matéria orgânica leve (MOL). Nesta metodologia, utilizou 10 g de solo passado em peneira de 2mm, esse solo foi pesado em tubos de centrífuga, em seguida adicionado 30 ml da solução de solução hexametáfosfato de sódio (5g L^{-1}), devendo-se obedecer sempre a proporção de 1:3 solo:solução. Em seguida os tubos foram agitados em agitador horizontal por 16 horas, decorrido este tempo, o material contido nos tubos foram transferidos para um instrumento contendo água fazendo com que a areia decante e o material que possui densidade inferior ou igual a 1 (densidade da água) flote (em suspensão), este material em suspensão foi conduzido, com o auxílio de um bastão, para uma peneira de 0,25 mm, posteriormente, a MOL foi colocada em placa de petri, em seguida foi posta para secar em estufa a 50°C com posterior pesagem.

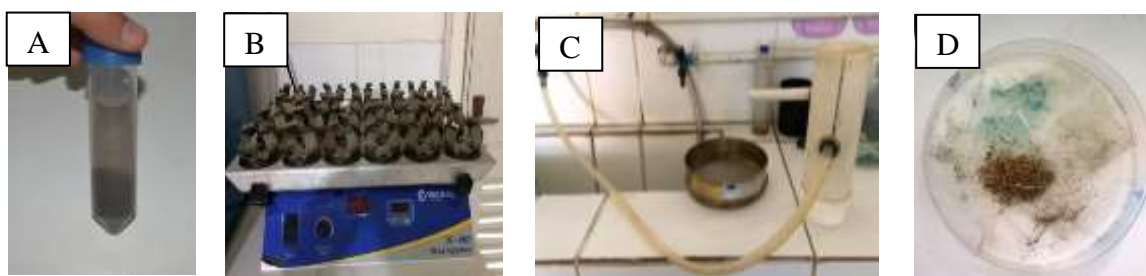


Figura-5. Amostras em tubo de centrífuga com a solução de hexametáfosfato de sódio (A), mesa agitador para homegeinização das amostras (B), instrumento onde a amostra é depositada e a fração leve flota sendo conduzida para a peneira (C), fração leve seca e separada pronta para análises (D).

4.7 Análise estatística.

Os dados obtidos foram submetidos estatística descritiva (média, mediana, moda, mínimo e máximo) e teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov no qual as frequências cumulativas dos dados observados são comparadas aos das distribuições teóricas, utilizou-se esta análise pois realizou-se amostragem em mais de 50 pontos, bem como análise de variância, pelo teste F a 5% de probabilidade, e quando pertinente, suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas através do programa Sisvar 5.0.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela-1 é possível observar os valores da análise estatística, onde os teores de fração leve (FL), carbono da fração areia (C-AR), carbono da fração silte+argila (C-SA), MOS-mufla e carbono orgânico do solo (COT) nas cinco camadas estudadas neste trabalho. Houve uma grande variação entre os valores de uma variável estudadas em uma mesma profundidade, discrepância esta, que reflete diretamente no alto valor do CV, onde valores maiores que 30 são classificados como alto (PIMENTEL GOMES, 1985), contudo isto não desvaloriza os dados, pois de acordo com a expressão descrita por Cline (1944), as estimativas do número de amostras representativas dos 60 pontos analisados, indicaram estimativas confiáveis.

Os ambientes de mata atlântica apresentam grande heterogeneidade de solo, vegetação, microrganismos, e isso se intensifica em paisagens antropizadas que resultam em pequenos remanescente de floresta secundária que diferem em idade e estágio sucessional (METZGER *et al.*, 2009; NUMATA *et al.*, 2009). Isso reflete diretamente na capacidade dos remanescente em armazenar carbono, pois ao longo do fragmento de mata estudado, podem ocorrer mudanças na estrutura e composição da sua vegetação e consequentemente no aporte de resíduo orgânico depositado ao solo (TABARELLI *et al.*, 2010).

Além da capacidade reduzida de aportar carbono ao solo, os remanescente de matas apresentam aumento na decomposição da matéria orgânica, devido o desmatamento ocorrido nestas áreas ocasionando perturbações no solo e afetando o estoque de carbono do mesmo (COSTA, 2015).

Tabela 1. Análise descritiva dos teores de carbono da fração leve (C-FL), carbono da fração areia (C-AR), carbono da fração silte+argila (C-SA), MOS-mufla e carbono orgânico do solo (COT) nas camadas de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm de profundidade em Neossolo Quartzarênico sob Floresta Alta de Restinga na Mata Atlântica setentrional, Cabedelo, PB.

Variável		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV	P
camada 0-10								
FL	g kg ⁻¹	0,07	0,06	0,02	0,15	0,04	50	0,82
C-AR	g kg ⁻¹	1,34	1,26	0,75	2,14	0,42	32	0,70
C-AS	g kg ⁻¹	2,56	1,74	0,00	6,78	2,22	87	0,31
MOS-mufla	g kg ⁻¹	1,52	1,28	0,10	3,86	1,04	68	0,83
COT	g kg ⁻¹	5,17	5,19	0,10	11,30	3,32	64	0,70
camada 10-20								
FL	g kg ⁻¹	0,04	0,04	0,01	0,09	0,02	50	0,83
C-AR	g kg ⁻¹	0,79	0,77	0,46	1,17	0,21	26	0,76
C-AS	g kg ⁻¹	2,62	1,90	0,56	11,36	2,55	97	0,13
MOS-mufla	g kg ⁻¹	0,68	0,47	0,00	2,69	0,60	89	0,43
COT	g kg ⁻¹	3,79	2,70	1,30	16,00	3,28	87	0,06
camada 20-30								
FL	g kg ⁻¹	0,03	0,02	0,01	0,08	0,02	74	0,09
C-AR	g kg ⁻¹	0,61	0,67	0,13	1,09	0,26	42	0,54
C-AS	g kg ⁻¹	1,56	1,42	0,05	3,82	1,02	66	0,86
MOS-mufla	g kg ⁻¹	0,38	0,34	0,03	0,98	0,24	63	0,82
COT	g kg ⁻¹	2,21	2,00	0,80	4,40	1,05	48	0,76
camada 30-50								
FL	g kg ⁻¹	0,03	0,02	0,01	0,07	0,02	73	0,43
C-AR	g kg ⁻¹	0,58	0,59	0,13	0,88	0,20	75	0,35
C-AS	g kg ⁻¹	1,12	0,94	0,00	4,91	1,07	96	0,10
MOS-mufla	g kg ⁻¹	0,21	0,17	0,00	0,63	0,17	84	0,19
COT	g kg ⁻¹	1,48	1,20	0,30	6,00	1,25	85	0,22
camada 50-100								
FL	g kg ⁻¹	0,02	0,02	0,00	0,08	0,02	100	0,04
C-AR	g kg ⁻¹	0,51	0,50	0,00	0,92	0,25	50	0,95
C-AS	g kg ⁻¹	0,53	0,20	0,00	3,71	0,91	171	0,12
MOS-mufla	g kg ⁻¹	0,15	0,13	0,00	0,30	0,09	59	0,78
COT	g kg ⁻¹	0,80	0,60	0,10	4,00	0,24	117	0,24

DP, desvio padrão; CV(%), coeficiente de variação; p, teste de Kolmogorov-Smirnov a 5%.

Para a variável FL observam-se valores considerados baixos de desvio padrão (DP), indicando, desta forma, que os dados tendem a estar menos dispersos e mais próximos do valor da média. Notou-se também que de um modo geral para todas as variáveis analisadas o valor do desvio padrão tendeu a diminuir à medida que aumentou a profundidade, devido à ocorrência da diminuição nos teores de carbono em seus respectivos compartimentos (Tabela 2).

É comum ocorre essa diminuição no teor de carbono particulado à medida que aumenta a profundidade do solo, Marques *et al.*, (2013) estudando a distribuição do carbono nas frações do solo até a profundidade de 2 m em áreas de matas, verificaram diminuição do estoque de fração leve conforme o aumento da profundidade do solo, estes mesmos autores atribuíram este fato a proximidade dos horizontes superficiais com o local de acúmulo de resíduos orgânicos e por tanto são mais enriquecidos em carbono quando comparados com as outras profundidades.

Para todas as variáveis, exceto FL, observou-se grande diferença entre os seus respectivos valores dentro de uma mesma profundidade, valores de COT variaram de 1,3 a 16,0 g kg⁻¹, por exemplo, refletindo diretamente no alto valor do CV destas variáveis, isso ocorreu pois esse estudo não se trata de experimento, com repetição, e sim de um levantamento do teor de carbono particulado de uma área sob mata, onde a mesma não apresenta uniformidade em sua distribuição. D'andrea *et al.*, (2015), realizando estudo nesta mesma área, encontrou valores de CV de 48,4 e 69, 4 para a variação dos teores de COT nas camadas de 0-20 e 20-40 respectivamente.

Como áreas de mata não apresentam uma uniformidade em sua extensão é comum encontrar valores de uma determinada variável bastante diferentes, no entanto estes dados podem seguir uma distribuição normal na área, distribuição esta que é determinada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A partir dos resultados dos ajustes dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, constatou a ocorrência da aceitação da hipótese nula (H0), que nesse caso é de que a distribuição dos dados segue a distribuição teórica em análise.

Observa-se que para todas as variáveis analisadas (FL, C-AR, C-SA, MOS-mufla e COT), e em todas as profundidades do solo, foi verificada distribuição normal ao longo da extensão da mata. Exceto a fração leve (FL), que não apresentou

distribuição normal para a última profundidade estudada (50-100), neste caso, para a análise de variância foi realizada a transformação dos dados.

Houve diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade para todas as variáveis analisadas (FL, C-AR, C-S, MOS-mufla e COT) em todas as camadas estudadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. De acordo com a figura-6A, observamos que o teor de fração leve decresceu 42% da primeira camada (0-10 cm) para a segunda (10-20 cm) e de 71% para a última camada (50-100 cm), obtendo maior resultado a camada superficial de 0-10 cm.

Esse resultado pode ser explicado pelo fato da deposição dos resíduos orgânicos serem maiores nas camadas superficiais, pois há folhas, casca, galhos, frutos, sementes, flores, estruturas não identificáveis (ANDRADE *et al.*, 2008), enquanto que em profundidades maiores a fração leve é quase que toda proveniente de raízes das plantas. Leite *et al.*, (2010) observaram o mesmo comportamento avaliando estoques de carbono total no solo em sistemas plantio direto no cerrado piauiense onde houve um maior acúmulo de fração leve nos horizontes superficiais, na profundidade de 0 – 20 cm.

A fração leve é bastante sensível a perturbações no solo ocasionado por manejo inadequado e é facilmente liberada do solo (SOARES, 2007), tornando-se uma importante fração na avaliação da qualidade do sistema de manejo no curto prazo (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005). Devido a esta sua particularidade, esta fração assume papel importante no tocante ao sequestro de carbono, devido ao seu alto potencial de emissão de carbono que é da ordem de 112,6 Mg ha⁻¹ (SOARES, 2007).

A fração leve do solo tem uma alta taxa de decomposição em um curto período de tempo no solo e tem como principal função realizar o fornecimento de nutrientes as plantas a partir da mineralização e carbono como fonte de energia aos microrganismos decompositores que estão presente no solo (Oades *et al.*, 1989). Esta fração desencadeia os processos de mineralização no solo devido a sua baixa relação C/N e portanto é a fração que logo é atacada pelos microrganismos, neste sentido a mineralização se configurando com sendo um dos processo mais essencial para a manutenção da vida nas áreas de florestas (ANDRADE *et al.*, 1999).

Entretanto, seria interessante ter-se uma análise dos teores de carbono da fração leve, para comparar se as profundidades que têm maiores quantidades de FL também

têm maiores concentrações de carbono, haja vista que pode ocorrer diferenças na composição dos resíduos.

Nas figuras 6B e 6C, observou-se os valores médios de carbono associados as frações areia e a silte+argila respectivamente nas cinco camadas estudadas 0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-100 cm de profundidade.

Em quatro das cinco profundidades avaliadas (0-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm) o teor de carbono associado à fração areia foi inferior ao carbono associado à fração silte+argila, somente na última profundidade (50-100 cm) que foram semelhantes, 0,51 e 0,53 g kg⁻¹ para o C-areia e C-silte+argila respectivamente.

O carbono da fração areia foi maior na camada de 0-10 cm, de modo que houve uma redução da ordem de 41% do teor de C-areia da camada de 0-10 (1,32 g kg⁻¹) para a camada de 10-20 (0,79 g kg⁻¹) e de 72 % para a última camada 50-100 cm (0,51 g kg⁻¹), redução esta que não foi observada para o carbono associado a fração silte+argila onde ocorreu incremento de 2% da camada de 0-10 (2,56 g kg⁻¹) para a profundidade seguinte 10-20 cm (2,68 g kg⁻¹).

Essa sequência de observação de carbono da fração areia menor que o carbono da fração silte+argila, se deve ao fato de a fração areia apresentar reduzida superfície específica e densidade de carga superficial das areias, fazendo com que o material apresente pouco ou nenhum material orgânico fortemente ligado a suas estruturas, sendo uma fração pobre em complexos organominerais (RANGEL & SILVA, 2007). Silva *et al.*, (1994) realizando estudos em que se compararam solos do Cerrado, com diferentes texturas, detectaram que as maiores perdas de carbono orgânico do solo se relacionaram a solos mais arenosos, justificando os menores valores de carbono particulado encontrados associados a esta fração.

Roscoe & Machado, (2002), estudando fracionamento físico da matéria orgânica encontrou os maiores teores de carbono em áreas que apresentavam maiores teores de argila, revelando o potencial desta fração em favorecer a manutenção do carbono do solo.

Na figura-6 D é possível observar a distribuição dos teores de carbono orgânico total nas camadas de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm de profundidade.

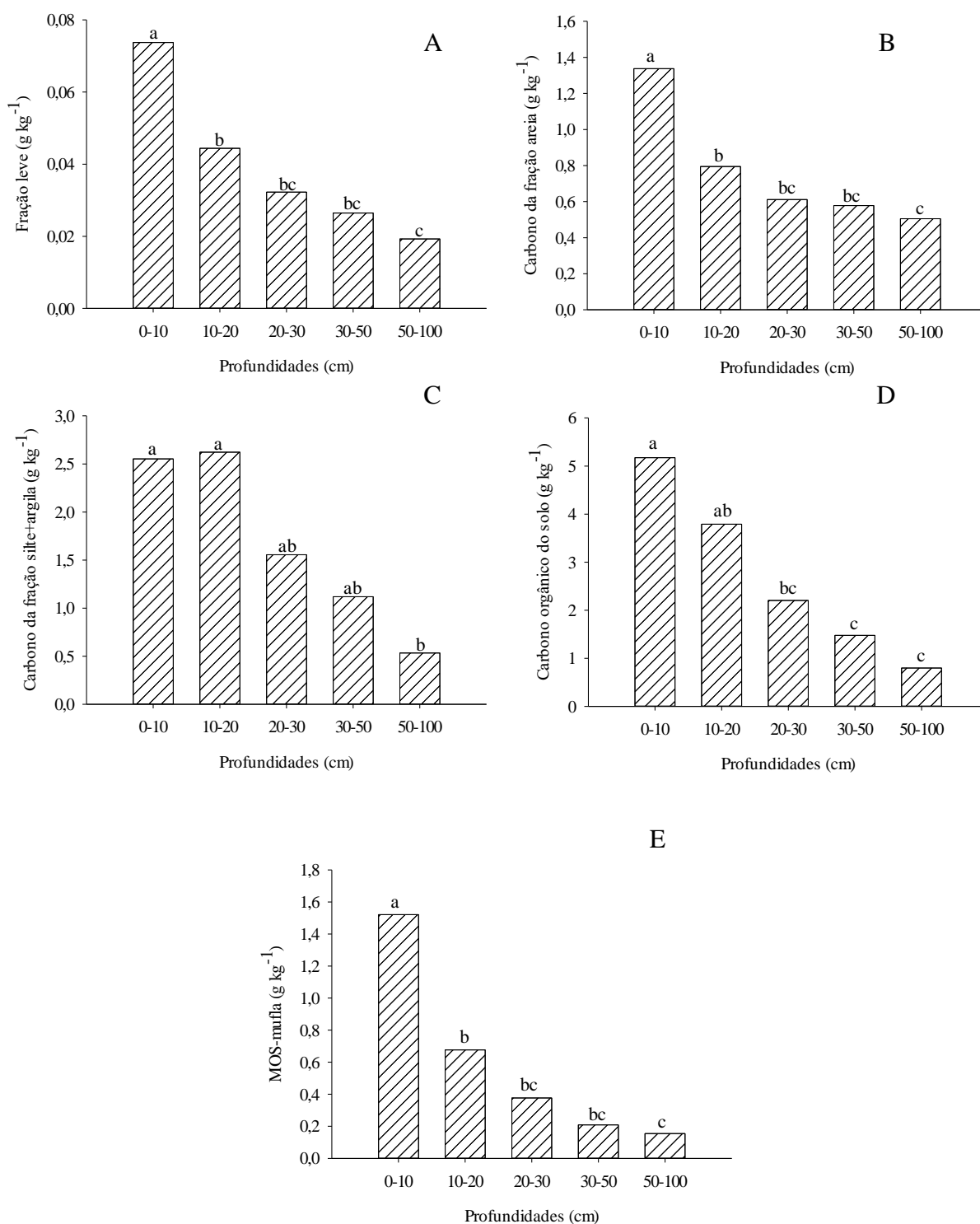


Figura 6. Teores de carbono da fração leve (FL) (A), carbono da fração areia (C-AR) (B), carbono da fração silte+argila (C-SA) (C), carbono orgânico do solo (COT) (D) e MOS-mufla (E) nas camadas de 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 e 50-100 cm de profundidade em Neossolo Quartzarênico sob Floresta Alta de Restinga na Mata Atlântica setentrional, Cabedelo, PB. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O carbono orgânico foi maior na profundidade de 0-10 cm, foi superior aos da camada de 20-30, 30-50, 50-100, mas não diferiu da camada de 10-20. Os teores de carbono orgânico diminuíram conforme aumenta a profundidade do solo, sendo encontrado $5,17 \text{ g kg}^{-1}$ na camada de 0-10 cm, chegando a $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ na camada de 50-100 cm, redução de 85% entre as camadas.

Esta redução de aproximadamente 84% em relação ao teor de carbono na superfície do solo se deve ao fato da maior quantidade de resíduos, nutrientes e atividade biológica que as camadas superficiais possuem quando comparadas com camadas mais profundas. Coutinho *et al.*, (2010) estudando estoque de carbono em áreas de matas, atribuiu esta redução, do teor de carbono em profundidade, ao mesmo motivo acima mencionado.

O incremento de carbono em profundidade é reduzido em áreas de mata devido a não incorporação dos resíduos no solo, além de ocorrer diferenças nos materiais aportadas ao solo, tendo em vista que isso depende da procedência deste material, da espécie, da cobertura florestal, estágio sucessional, idade, tipo de floresta, (CALDEIRA *et al.*, 2007). Além disso, a maior atividade microbiana que ocorre em ambientes com altas temperatura e umidades favorecendo a rápida decomposição mesmo de um grande volume de resíduo (MARTINS, 2010).

Para Machado (2005), em geral, cerca de 39-70 % do carbono orgânico total do solo esta nos primeiros 30 cm do solo, revelando a importância desta camada para o sequestro de carbono. Para Cerri *et al.*, (2006) de todo o carbono sequestrado por uma área de mata, 30% deste valor se encontra armazenado no solo (70%) e o restante na biomassa aérea.

A figura-6E mostra os teores médios de matéria orgânica do solo determinando pelo método da mufla nas cinco camadas estudadas 0-10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-100 cm de profundidade. Como as demais variáveis estudadas neste trabalho, o MOS-mufla tendeu a se comportar semelhante, tendo seus teores reduzidos a medida que aumentou a profundidade das camadas do solo (Figura-6, gráfico E), verificando os maiores valores na camada superficial de 0-10 cm.

A matéria orgânica do solo se configura como sendo o maior reservatório de carbono do solo, possuindo cerca de duas vezes a quantidade de carbono dos compartimentos atmosférico e biomassa vegetal (ALMEIDA, 2015), e pode ser dividida em dois grandes grupos, a fração não-humificada (proteínas, açúcares, ceras, resinas) e outro formando as substâncias humificadas (CANELLAS *et al.*, 2001).

A vegetação da área é a principal responsável pela produção e deposição de material orgânico ao solo, e a quantidade deste material depositado sobre o solo é influenciado pelo tipo da vegetação e condições ambientais, o que determina a heterogeneidade e taxa de decomposição do material depositado na superfície (FAVORETO, 2007). Este material é formado através da produção de exsudados de compostos pelas raízes, deposição de folhas, galhos, parte aérea, ramos (PILLON *et al.*, 2002).

Esta diminuição verificada da matéria orgânica a medida em que aumentou a profundidade, de cerca de 91%, entre a camada superficial (0-10 cm) e a última camada estudada (50-100 cm), ocorre devido a dificuldade que áreas de matas têm em incrementar carbono, e consequentemente matéria orgânica, em camadas mais profundas, esse problema é agravado quando se trata de remanescente o de mata atlântica, onde a decomposição da matéria orgânica é acelerada (COSTA, 2015).

A matéria orgânica determinada pelo método da mufla, é a matéria orgânica do solo particulado, ou seja, é matéria orgânica associada a fração areia do solo, logo, este valor é bem inferior ao valor da matéria orgânica do solo estimada pelo cálculo do $COT \times 1,724$, fator de correção, pois 58% da MOS é carbono.

Desta forma, ao observar as figuras 6^a, 6B e 6C, constatamos que o carbono está distribuído em 3 frações minerais do solo, a que detém a maior quantidade deste carbono é a fração silte+argila (49,5%), seguido da fração areia (25,9%). Como não determinamos o carbono da fração leve, não podemos dizer em qual posição a mesma deveria estar. Esses dados estão de acordo com a literatura, pois Frazão *et al.*, (2010), estudando estoques de carbono e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico encontrou em seu trabalho, na camada de 0-10 cm, teores de fração leve correspondente a 26 % do teor de carbono orgânico total do solo, embora não tenha sido analisado o teor de carbono da fração leve neste trabalho.

6.0 CONCLUSÃO

O coeficiente de variação das frações da MOS (FL, C-AR, C-AS, COT e C-mufla), foram altos em todas as profundidades.

Todas as frações da MOS, com exceção da FL na camada de 50-100, possuem distribuição normal.

Constatou reduções dos teores da fração leve, carbono da fração areia, carbono da fração silte+argila, MOS-mufla e carbono orgânico total do solo a medida que aumentou a profundidade das camadas do solo.

Para todas as variáveis analisadas a camada superficial (0-10 cm) do solo apresentou os maiores teores quando comparado com as demais camadas.

A fração que detém a maior quantidade de carbono é a fração silte+argila em todas as profundidades.

7.0 REFERÊNCIAS

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D. C.; DIAZ, M. C. V. Forest understory fire in the Brazilian Amazon in ENSO and non-ENSO Years: Area burned and committed carbon emissions. **Earth Interactions**, v. 10, n. 6, p. 1-17, 2006.

ALMEIDA, M. M. **Estoque do carbono do solo em ambientes de mata atlântica no estado do Pernambuco**. 2014, 60 p.il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal do Pernambuco. Recife, 2015.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CAB International, 1989. 171 p.

ANDRADE, A.G.; URQUIAGA, S. S. C.; FARIA, S. M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Embrapa Solos (Rio de Janeiro, RJL V.) Série. CDD(21. Ed.) 338.9. 1999, 22p.

ANDRADE, R. L.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; BEZERRA, D. M. Deposição de serapilheira em área de caatinga na RPPN "Fazenda Tamanduá", Santa Terrezinha-PB. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.2, p.223-230, maio de 2008.

BRASIL. Decreto de 2 de junho de 2004. **Cria a Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, no Município de Cabedelo, no Estado da Paraíba, e dá outras providências**. 2004. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Dnn/Dnn10195.htm>. Acesso em 12/07/2015.

BRITO, E. S.; COSTA, F. S.; CARVALHO JUNIOR, J. A.; SILVA, L. M.; ALMEIDA, G. V. Estoques de carbono em solos sob florestas primárias no sudoeste da amazônia. In. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2011. Uberlandia. **Anais...**2011.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Qualificação de serapilheira e de nutrientes-floresta ombrófila mista montana-Parana. **Rev. Acad.**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, abr./jun. 2007.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.36, n. 12, p. 1529-1538, set. 2001.

CARVALHO, L. **Estoque de carbono em Mata Nativa da CCRG**, 2009. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=J7DihPp42WA>. Acesso em: 18/04/2017.

CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. VOLKOFF, B. RONDÓN, M. A. P. **Potential of soil carbono sequestration inthe Amazonian Tropical Rainforest**. In: Carbon sequestration in soils of Latin Amearica. New York, Haworth, 2006. P.245-266. CLINE, M. G. Principles of soil sampling. **Soil Science**, Baltimore, v. 58, n. 4, p. 275-288, 1944.

COMPTON, J. E.; BOONE, R. D. Soil nitrogen transformations and the role of light fraction organic matter in forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 34, n. 7, p. 933-943, 2002.

CONCEIÇÃO, P.C., AMADO, T.J.C., MIELNICZUK, J., SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 323-332, 2008.

COSTA, K. M. O estoque de carbono nas vegetação e no solo de fragmentos florestais em paisagens tropicais, 2015, 66f. **Dissertação** (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDLEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; TORRES, A. Q. A.; JANTALIA, C. P. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.195-203, fev. 2010.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, O. Á.; COELHO, M. R.; SILVA, A. C.; D'ANDREA, R. M. S.; ROLIM, H. O. Estoque de carbono orgânico do solo em remanescente de Floresta Alta de Restinga na Mata Atlântica setentrional. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2015. Florianópolis. **Anais...**2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. DONAGEMA, G.K. et al. (org.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 230, 2011.

FONSECA, S. Propriedades físicas, químicas e microbiológicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob eucalipto, mata natural e pastagens. 1984, 68 p. **Dissertação**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa.

FONTANA, A.; SILVA, C. F.; PERREIRA, M. G.; LOSS, A.; BRITO, R.J.; BENITES, V. M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

FRAZÃO, L. A.; SANTANA, I. K. S.; CAMPOS, B. J. F.; CERRI, C. C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.10, p.1198-1204, out. 2010.

FREIXO, A.A.; CANELLAS, L.P.; MACHADO, P.L.O. A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve intra-agregados de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.445-453, 2002.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob sistemas de aléias. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 109-114, abr./jun. 2013.

Houghton, R.A. **Tropical deforestation as a source of greenhouse gases**. In “Tropical Deforestation and Climate Change” Edited by P. Moutinho and S. Schwartzman. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) e Environmental Defense (ED). Disponível em: <https://www.edf.org/sites/default/files/4930_TropicalDeforestation_and_ClimateChange.pdf>. Acesso em: 24/05/2017.

LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S.; HOLANDA NETO, M.R.; ARAUJO, F.S.; IWATA, B.F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, p.1273-1280, 2010.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O. & GALVÃO, J.C.C. Estoque de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 821-832, 2003.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MANTOVANI, W. **Delimitação do bioma Mata Atlântica: implicações legais e conservacionistas**. **Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. 1º ed. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, p.287-295. 2003.

MARQUES, J. D. O.; LUIZÃO, F. J.; TEXEIRA, W. G.; SARRAZIN, M.; CRUZ JUNIOR, O. F. Distribuição de carbono nas frações do solo sob área de floresta. In. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2013. Florianópolis. **Anais...**2013.

MARTINS, J. D. L.; ALVES, M. S. Substâncias húmicas da matéria orgânica e adsorção de fósforo em solos tropicais. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n. especial, p.232-245, 2015.

MARTINS, S. C. **Caracterização dos solos e serapilheira ao longo do gradientes altitudinal da mata atlântica, estado de São Paulo**, 2010, 155p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

MENDHAM, D.S.; HEAGNEY, E.C.; CORBEELS, M.; O'CONNELL, A.M.; GROVE, T.S. & McMURTRIE, R.E. Soil particulate organic matter effects on nitrogen availability after afforestation with Eucalyptus globulus. **Soil Biol. Biochem**, v. 36, p.1067-1074, 2004.

METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; DIXO, M.; BERNACCI, L. C.; RIBEIRO, M. C.; et al. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic Forest region. **Biological Conservation**. v. 146, n. 6, p. 1166-1177, 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mata Atlântica Manual de Adequação Ambiental**, 2010. Disponível em:<

http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/adequao_ambiental_publicacao_web_202.pdf>. Acesso em: 07/04/2017.

MOUTINHO, P. **Desmatamento na Amazônia: desafios para reduzir as emissões de gases de efeito estufa do Brasil**. Disponível em:< <http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-411.pdf> >. Acesso em: 04/04/2017.

NUMATA, I. COCHRANE, M. A.; ROBERTS, D. A.; SOARES, J. V. Determining dynamics of spatial and temporal structures of forest edges in South Western Amazonia. **Forest Ecology and Management**. v. 258, n. 11, p. 2547-2555, 2009.

OADES, J.M.; GILLMAN, G.P.; UEHARA, G. Interaction of soil organic matter and variable charge clays. In: **DYNAMICS of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii, Cap.3, p.69-95, 1989.

OADES, J.M.; GILLMAN, G.P.; UEHARA, G. Interaction of soil organic matter and variable charge clays. In: **Dinâmica da matéria orgânica do solo em ecossistemas tropicais**. 1989.

PARTON, W. Global-scale similarities in nitrogen release patterns during long-term decomposition. **Science**, v. 315, p. 361-364, 2007.

PILLON, C. N.; SCIVITTARO, W. B.; POTES, M. L.; MORAES, C. S.; MICHELS, G. H.; PEREIRA, J. S. Acúmulo de carbon orgânico por sistemas de cultura sob plantio direto em terras baixas. **Revista Brasileira Agroecologia**, v. 2, p. 1040-1043, 2002.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, p. 467. 1985..

PORTA SÃO FRANCISCO. **Distribuição da Mata Atlântica**, 2015. Disponível em: < <http://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/mata-atlantica>>. Acesso em:14/04/2017.

PULROLNIK, K. **Transformações do carbono no solo**. Planaltina-DF. Embrapa Cerrado, julho de 2009. 36 p.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoque de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.3, p.304-312, 2007.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZINI, F.J. & HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RITA, J. C. DE O. Carbono das Frações da Matéria Orgânica e Classes de Agregados de Solos Sob Sistemas Agroflorestais de Cacau no Sul da Bahia, 2007, 66f. **Tese** (Doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes-RJ, 2007.

ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O. de A. **Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 86, 2002.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BALBINOT, F. Uso de equações para estimar carbono orgânico em plantações de *Acacia mearnsii* de Wild no Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.907-915, 2009.

SANDI, J. T. T. Estoque de carbono no solo sob diferentes coberturas vegetais, Chapecó-SC. 2010, 83 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Comunitária da Região de Chapecó-UCRC. Chapecó-SC, 2010.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.; et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 3 ed.rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, p.353, 2013

SANTOS, R. C. M. Mata atlântica: características, biodiversidade e a história de um dos biomas de maior prioridade para conservação e preservação de seus ecossistemas. 2010, 31f. **Trabalho de Conclusão de Curso**. (Graduação em Ciências Biológicas)- Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix, Belo Horizonte-MG.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.541-547, 1994.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GORGENS, E. B.; Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.711-718, 2005.

SOARES, R. Agregação e Distribuição da Matéria Orgânica em Solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. 2007, 107p. **Dissertação** (Mestrado). , Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; et al. Modeling Amazon conservation. **Nature**. v. 440, p.520-523. 2006.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Fundação divulga novos dados sobre a situação da Mata Atlântica**, 2015. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/103045/fundacao-divulga-novos-dados-sobre-situacao-da-mata-atlantica/>. Acesso em: 24/04/2017.

STEINER, F.; PIVETTA, L. A.; ZOZ, T.; PINTO JUNIOR, T. A. S. A. Estoque de carbono orgânico no solo afetado por adubação orgânica e sistemas de culturas no Sul do Brasil. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 323-332, 2012.

STEVENSON, F.J.; ELLIOT, E.T. Methodologies for assessing the quantity and quality of soil organic matter. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Ed.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii, p.173-198, 1989.

TABARELLI, M.; AGUIR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**. v. 143, n. 10, p. 2328-2340, 2010.

TRUMBORE, S.; CAMARGO, P. B. Dinâmica do carbono no solo. Amazônia and Global Change Geophysical Monograph. Séries 186. **American Geophysical Union**, p. 451-462, 2009.

VEZZANI, V. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 213-224, 2011.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEM, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.793-800,2004.